

ЧИСЕЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЛІНЗ ТИПУ “РИБ’ЯЧЕ ОКО МАКСВЕЛЛА” ЗА ДОПОМОГОЮ ПАКЕТУ МЕЕР

Новицький В.В.

Науковий керівник – д. ф.-м. н., проф. каф. ФОЕТ Одаренко Є. М.

Харківський національний університет радіоелектроніки
(61166, Харків, пр. Науки 14, каф. Фізичних основ електронної
техніки, тел. 702-10-57)

e-mail: vladyslav.novytskyi@nure.ua

A gradient index (GRIN) lens is an example of an optical device whose focusing effect is realized by a spatial variation of the refractive index of the constituent material. We used the MEEP package for calculating electromagnetic waves distribution in Maxwell Fishpond lens.

Градiєнтні лінзи (GRIN) є прикладом оптичного пристрою, де фокусуєчий ефект реалізований за допомогою просторової варіації показника заломлення складового матеріалу [1]. Сьогодні новий інтерес до цих лінз викликаний прогнозованою можливістю подолання дифракційного бар’єру в хвильовій оптиці. Дизайн і виготовлення таких пристроїв, як градiєнтні лінзи, використовуючи природні діелектричні середовища є постійною проблемою, особливо на довгих хвилях, оскільки традиційні підходи, такі як селективне додавання домішок до матеріалу [2], не є практичними. В інфрачервоному діапазоні та далі було важко досягти просторово-змінного показника заломлення в об’ємних оптичних компонентах. Були досліджені деякі методи виготовлення аби приблизно імітувати градiєнтний індекс, такий як техніка цибулевої (багатошарової) оболонки [3], підхід звуженого отвору (tapered hole) [4]. Ці підходи приблизно наближають градiєнтний індекс, але кожен з методів страждає різними аберациями через неідеальний просторовий розподіл показника заломлення матеріалу.

Наразі одним з найперспективніших варіантів градiєнтних лінз для забезпечення субхвильової візуалізації є градiєнтна лінза Риб’яче око Максвелла. Схема проходження променів світла через таку лінзу представлена на рис. 1.

В даній роботі проведено комп’ютерне моделювання одного з варіантів лінзи Максвелла з градiєнтним просторовим розподілом показника заломлення діелектричного циліндру. Бокова поверхня циліндру вважалася покритою ідеальним електричним провідником.

Комп’ютерна модель створена із застосуванням пакету МЕЕР. Це безкоштовний програмний пакет із відкритим кодом для моделювання електромагнітних процесів методом скінченних різниць у часовій області (FDTD), що охоплює широке коло застосувань [5]. Цей пакет дає змогу моделювати взаємодію електромагнітних хвиль з відносно складними електродинамічними системами.

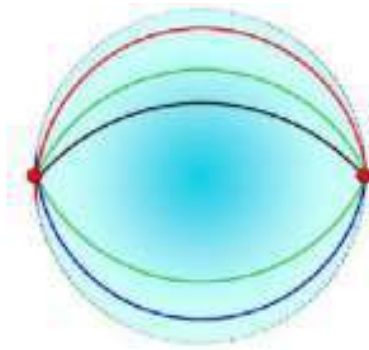


Рисунок 1 – Лінза типу Риб'яче око Максвелла

Джерело електромагнітного випромінювання розташовується всередині градієнтної лінзи на деякій відстані від вісі циліндру. Розглянуто імпульсний режим випромінювання, що дозволяє досить зручно для спостерігача візуалізувати формування зображення джерела випромінювання в точці, діаметрально протилежній точці розташування джерела випромінювання. Оскільки при створенні моделі використовуються нормовані значення параметрів, то отримані результати можуть бути застосовані для систем різних частотних діапазонів.

Результати чисельних розрахунків свідчать про можливість формування зображення джерела випромінювання не тільки через трасування оптичних променів в середовищі з градієнтним просторовим розподілом показника заломлення, а також через аналіз розповсюдження електромагнітних хвиль в такому середовищі. При цьому не накладаються умови на відстань між двома сусідніми джерелами для отримання їх роздільних зображень.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. E. Hecht, Optics (Addison-Wesley, 2001).
2. Gomez-Reino C., Perez M. V., Bao C. Gradient-Index Optics: Fundamentals and Applications (Springer, 2010).
3. Peeler G. D. M. and Coleman H. P. Microwave stepped-index luneberg lenses // IRE Trans. Antennas Propag. – 1958. – Vol. 6. – P. 202.
4. K. A. Zimmerman and D. L. Runyon, U.S. patent 5,677,796 (1997).
5. Oskooi A. F., Roundy D., Ibanescu M., Bermel P., Joannopoulos J. D., Johnson S. G. MEEP: A flexible free-software package for electromagnetic simulations by the FDTD method // Computer Physics Communications. – 2010. – Vol. 181. – P. 687–702.